

C. Apparate für die Selbstaufzeichnung von Schaubildern durch die Maschine.

709. In den vorausgehenden Abschnitten habe ich einen grossen Theil der Selbstzeichner [Selbstschreiber] schon behandeln müssen, weil die Einrichtungen oft mehr oder weniger untrennbar sind von der Maschine. Hier kann daher nicht daran gedacht werden, eine Wiederholung des bereits Gesagten zu geben; ich will mich deshalb darauf beschränken, unter Aufzählung der bereits beschriebenen Einrichtungen die früher gelassenen Lücken soweit auszufüllen, dass die wichtigsten Grundsätze bei der Konstruktion von Selbstaufzeichnern zur Darstellung kommen. Auf alle bekannten Einrichtungen einzugehen, die für den genannten Zweck versucht wurden oder in Frage kommen können, ist wegen der ausserordentlich grossen Zahl nicht möglich.

Eine Einordnung der selbstzeichnenden Apparate nach bestimmten Gesichtspunkten ist an sich schon recht schwer, und da ich doch nicht vollständig sein kann, so will ich sie auch nicht versuchen. Um ein Bild von der Mannigfaltigkeit zu geben, führe ich an, dass es Apparate giebt, die Linien verzeichnen, und solche, die Zahlen aufschreiben. Im Materialprüfungswesen bilden die ersteren die Regel. Unter den Linienzeichnern giebt es solche, die eine stetige Linie verzeichnen [das ist die Regel], und solche die gebrochene Linien zeichnen [Unwin, Rudeloff u. a.]. Die Linienzeichner schreiben entweder auf der ebenen Tafel oder auf der Cylinderfläche; bei manchen Apparaten läuft ein langer Papierstreifen durch den Apparat [Martens Oelprobirmaschine]. Die Schrift erfolgt auf Papier, berrusstem Glas oder auf der photographischen Platte u. a. m.; sie wird mit Bleistift oder Tinte [Farbe] auf gewöhnlichem Papier, oder mit Metallstiften auf präparirtem Papier [Indikatorpapier] verzeichnet. Die Art der Schreibfedern ist mannigfaltig. Die Selbstzeichner schreiben in sehr kleinem Maassstabe [Martens 1000 kg-Maschine (546)], in mässiger Grösse oder in sehr grossem Maassstabe [Unwin (728)]. Einmal wird Werth darauf gelegt, dass die Kraft in grossem Maassstabe aufgeschrieben wird; das andere Mal zieht man es vor, die Formänderung in grossem Maassstabe aufzutragen. Dieser begnügt sich damit, die Formänderungen ausserhalb der elastischen Periode in mässigem Maassstabe zu verzeichnen, jener verlangt von seinem Apparat, dass er die Formänderung bis zur Streckgrenze in sehr grossem Maassstabe darstellt [Olsen, Kennedy, Unwin, Gray u. A.], ein Dritter verlangt, dass der Apparat die Vergrösserung der Formänderung während des Versuches wechselt [Henning]. Hier wird gefordert, dass der Apparat die Schaubilder nach den Belastungen P und den Formänderungen λ zeichnet, dort wünscht man, dass er sogar die Spannungen σ und die spezifischen Formänderungen ϵ angiebt [Martens (716)]. Man kann die Einrichtung auch so treffen, dass allein die Schwankungen zwischen bestimmten Laststufen aufgezeichnet werden [Martens Oelprobirmaschine]. Die Art, wie die Schreibvorrichtung angetrieben wird, die Art der Kraftmessvorrichtungen an der Maschine und viele andere Umstände sind maassgebend für den Aufbau des Apparates.

710. Eine Eintheilung der Selbstzeichner nach streng geschiedenen Gruppen ist nach Voraufgehendem schwierig. Am einfachsten würde die Einordnung danach zu treffen sein, ob der Apparat zur Aufzeichnung des

ganzen Verlaufes der Schaulinie dienen soll, oder ob nur der Theil bis zur Streckgrenze gegeben werden soll. Hierbei ist auch festzuhalten, ob nach der Konstruktion das Instrument nur ein anschauliches Bild über die Eigenschaften der geprüften Materialien geben, oder ob die gelieferte Schaulinie als strenge Aufzeichnung der Prüfungsergebnisse gelten darf, die demnächst zur Ausmessung und Bestimmung der Prüfungswerte dienen soll. Im ersten Falle muss neben der Aufzeichnung die unmittelbare Beobachtung gemacht werden, und die Aufzeichnung des Bildes kann nur als Kontrolle der Beobachtung dienen. Im zweiten Falle kann die Beobachtung als Kontrolle der Aufzeichnung nebenhergehen. [Die Anschauungen, wie sie in der Charlottenburger Versuchsanstalt über diesen Punkt gelten, habe ich früher (534) bereits entwickelt.]

Für die Apparate letzter Art muss man streng fordern, dass die Wirkung der vorhandenen Fehlerquellen durchaus auf das unvermeidliche Maass beschränkt ist und dass die endliche Wirkung aller Fehlerquellen, die aus dem gesammten Mechanismus entspringen, kleiner ist, als die Fehlergrenzen für die sorgfältige Ausmessung der aufgezeichneten Schaubilder. Erfüllen die Instrumente diese Forderung nicht, so können ihre Aufzeichnungen, entgegen der Absicht des Konstrukteurs, eben nur als Bilder gelten, die allerdings für sich ihre Berechtigung haben und immerhin grossen Nutzen gewähren können.

Man sollte eigentlich glauben, dass es kaum nöthig sei, diese an sich selbstverständlichen Dinge hier so breit zu erörtern. Aber das aufmerksame Studium der vorhergehenden Abschnitte wird schon die Ueberzeugung geliefert haben, dass die Konstrukteure von Materialprüfungsmaschinen und Messinstrumenten ihre Entwürfe nicht immer bis zu dem letzten Gliede vollkommen durcharbeiten. Wer sich die Mühe geben will, auf das soeben Gesagte hin die Literatur zu studiren, wird mit Erstaunen sehen, wie sogar namhafte Forscher die berührten Gesichtspunkte ausser Acht lassen. Ich hebe das hier ausdrücklich hervor, weil ich hoffe hierdurch zur Vertiefung und stetigen Selbstkontrolle anzuregen.

Bei der Aufzählung und Beschreibung der Selbstzeichner will ich im Allgemeinen den Tafeln dieses Werkes folgen und an geeignetem Orte die dort nicht gezeichneten Apparate einschieben.

711. Für die Werder-Maschine ist meines Wissens kein selbstzeichnender Apparat in Benutzung. Ich selbst habe vor Jahren versucht, den von mir bei meiner 1000 kg-Maschine benutzten Gedanken (546) zur Ausführung zu bringen und wollte die Ausdehnung der Zugstangen als Kraftmaass benutzen. Die Einrichtung wäre aber zu verwickelt geworden und deswegen gab ich sie wieder auf. Man wird für die Werder-Maschine m. E. am besten solche Apparate zur Anwendung bringen können, die als selbstständige Apparate neben die Maschine gestellt werden können.

712. Den Schaulinienzeichner zu meiner 50000 kg-Maschine (Taf. 5, Fig. 3) beschrieb ich bereits in Abs. 563 und gab dort den Entwicklungsgang einer Reihe von verschiedenen Konstruktionen an. Ich will hier nur wieder darauf verweisen, dass man mit Hülfe der Elektrizität ausserordentlich feine, aber meist auch sehr schwer zu behandelnde Apparate erzeugen kann und dass die Erfahrung immer wieder dazu führt, zu dem Einfachen zurückzukehren. Wie man auf hydraulischem Wege zu gleichem Ziel gelangt, dafür gab ich ein Beispiel bei Beschreibung meiner 5000 kg Maschine (499).

713. Wie weit man in der Anwendung verwickelter Apparate gegangen ist, darüber möchte ich in Folgendem aus meiner früheren Veröffentlichung (*L 113*) ein Beispiel geben.

„Bei der Maschine von Fairbanks & Co., New York, Schema Fig. 504, ist der Grundsatz, die Maschine selbstthätig zu machen, vollständig durchgeführt, indem die Verschiebung der Laufgewichte durch den Probestab selbst geregelt wird. Der Antrieb wird durch zwei von der Transmission aus mit mehreren Geschwindigkeiten bewegbare Schrauben bewirkt, welche an dem etwas verwickelten Maschinengestelle gelagert sind. Die Stützen für das Widerlager des Probestabes sind von einer nach Art der Centesimalwagen durch mehrere Hebel gestützten Plattform getragen. Das Hebelsystem ist ein vierfaches mit 10 Hebeln und nicht weniger als 31 Schneiden.“

„Die Bewegung der beiden Laufgewichte geschieht nach der nicht

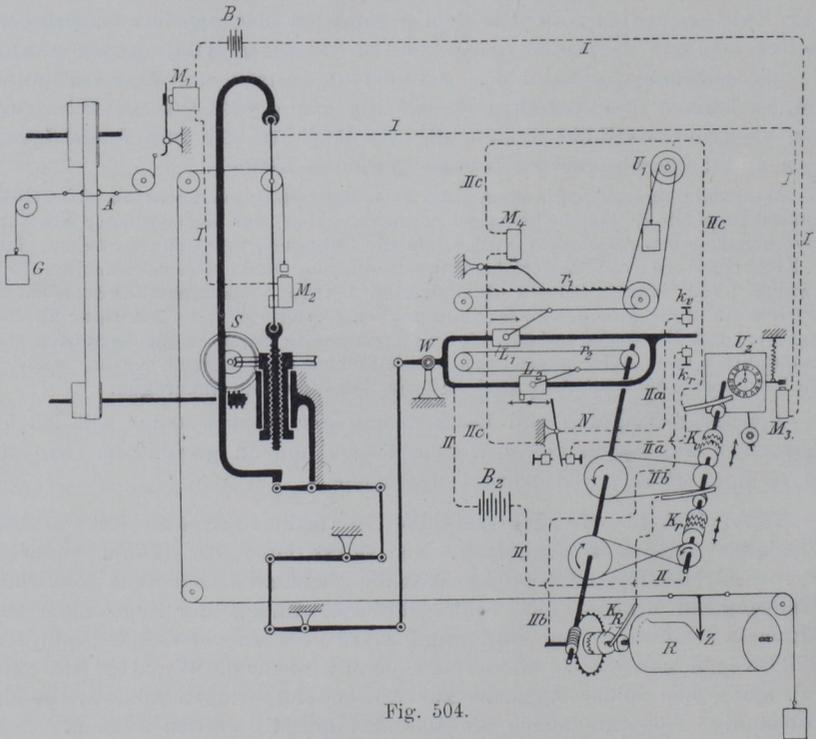


Fig. 504.

Es bezeichnen:

S = den Schraubenantrieb.
A = den Ausrücker für den Riementrieb.
G = das Ausrückgewicht.
*M*₁ = den Auslösemagneten f. die Ausrückung.
*M*₂ = denjenigen f. d. Schnur zur
R = Registrirtrommel.
*B*₂ = Batterie des Stromkreises II.

*M*₃ = den Hemmmagneten f. d. *U*₃ = Uhrwerk.
*B*₁ = die Batterie des Stromkreises I.
Z = Zeichenapparat.
W = Wagebalken mit *L*₁ u. *L*₂ = Laufgewichten.
*r*₁ u. *r*₂ = Schnur } zur Bewegung von *U*₁ u. *U*₂ = Uhrwerkef } *L*₁ u. *L*₂.
*K*_R = magnetisch. Kuppelung für die Trommel *R*.

*K*_v u. *K*_r = magnetische Kuppelung für die Vor- u. Rückwärtsbewegungen *L*₂.
*k*_v u. *k*_r = Kontakte für die Vor- u. Rückwärtsbewegungsschaltung.
*M*₄ = Auslösemagnet für *U*₁.
N = Umschalter der Leitung II.
*II*_{abc} = Zweige des Stromkreises II.

völlig klaren englischen Beschreibung¹⁾ durch zwei Uhrwerke U_1 und U_2 , deren Bewegungen durch die Schwingungen des Wagehebels elektrisch gesteuert werden. Ist die Spannung im Probestabe wachsend, so wird der Wagehebel steigen, sich gegen den Kontakt k_v legen und den Stromkreis der Batterie B_2 durch den Zweig IIa nach der elektromagnetischen Kuppelung K_v senden, welche sofort den offenen durch U_2 bewegten Schnurtrieb ein-kuppelt; hierdurch wird die Antriebswelle für die Schnur r_2 so bewegt, dass das kleinere Laufgewicht L_2 im Sinne fortschreitender Belastung verschoben wird. Der Strom IIa geht durch die Welle des Uhrwerkes U_2 in die Leitung II und zur Batterie zurück. Kommt L_2 an das Ende des Hebels, so wird der Umschalter N umgesteuert, und nun geht der Stromkreis IIa durch IIc zum Magneten M_4 , durch IIc wiederum bis zur Kuppelung K_v u. s. w.; der Anker des Magneten M_4 wird angezogen, wodurch der Wagebalken bei der gleichzeitigen Bewegung von L_1 und L_2 sofort sinkt; der Stromkreis II wird unterbrochen, und der Anker des Magneten M_4 fällt in die nächste Zahnflücke von r_1 ein. Der Wagebalken wird nun aber bei k_r den Strom schliessen, welcher alsdann durch II b und die elektromagnetischen Kuppelungen K_R und K_r und von da zur Batterie geht. Hierdurch wird der gekreuzte Schnurtrieb eingerückt, und das Uhrwerk U_2 bewegt das Laufgewicht L_2 rückwärts, bis wieder Spiel eintritt. Gleichzeitig wird auch die Registrirtrommel R gedreht, auf welcher ein vom Probestabe aus durch eine über Rollen geführte Schnur bewegter Schreibstift Z die Längenänderungen des Stabes verzeichnet. Durch den Probestab selbst ist ein Stromkreis B_1 geschickt, in welchen die Magnete M_1 , M_2 und M_3 eingeschaltet sind. Der Magnet M_1 hält den Ausrücker für den Riemenantrieb fest; M_2 ist an der Schnur zum Schreibstifte befestigt, während M_3 den Schalthebel für das Uhrwerk U_2 beeinflusst. Reisst der Stab, so lassen alle drei Magnete gleichzeitig ihre Anker los, der Riementrieb wird ausgerückt, die Schnur zum Zeichenstifte losgelassen und das Uhrwerk U_2 angehalten.“

„Die Bewegungsvorrichtung für die Laufgewichte ist doch wohl etwas umständlich gewesen; sie scheint der Beschreibung nach auch nur in dem Sinne fortschreitender Belastung selbstthätig zu wirken, so dass man sich veranlasst gesehen hat, die beiden Laufgewichte in eines zu verschmelzen und dieses durch eine etwas andere elektrische Einrichtung, diesmal aber sowohl im Sinne der Belastung als auch der Entlastung, zu bewegen. Das Schema zu dieser Einrichtung zeigt Fig. 505. In dem Laufgewichte, welches mittelst eines feinen Zahnradchens längs der am Hebel angebrachten Zahnstange verschoben wird, stecken zwei elektromagnetische Maschinchen Ea und Eb . Hebt sich der Balken, so tritt bei ka Stromschluss im Zweig Ia ein; die Maschine Ea bewirkt, dass das Gewicht vorangeschoben wird, bis die Wage sinkt; dann wird durch Schliessen des Stromzweiges 1 b eine Rückwärtsbewegung des Gewichtes hervorgerufen u. s. f. Die Bewegungen des Gewichtes werden durch ein mit dem Triebe des Gewichtes bewegtes Unterbrecherrad U , durch welches der Strom II geschickt wird, auf die Schreibetrommel T übertragen. Jedesmal, wenn die Schleiffeder einen Zahn des Rades berührt, schiebt einer der Elektromagnete M_a oder M_b die Zeichen-trommel um einen Zahn voran. Der Sinn dieser Verschiebung wird durch

¹⁾ Inst. of Mining Eng. Febr. 1884.

Kontakte ka und kb im Stromkreise II geregelt. Kommt ka zur Wirkung, so wird M_a bewegt; kommt kb zur Thätigkeit, so treibt M_b die Zeichentrommel.

Auch diese Einrichtung dürfte keine weite Verbreitung gefunden haben.

714. Der Selbstzeichner von Mohr & Federhaff, Taf. 6, Fig. 1 und Taf. 7, Fig. 1, 3 und 4, zeichnet das Bild, indem die Papiertrommel von den Spannköpfen aus, entsprechend ihrer Entfernungsänderung gedreht

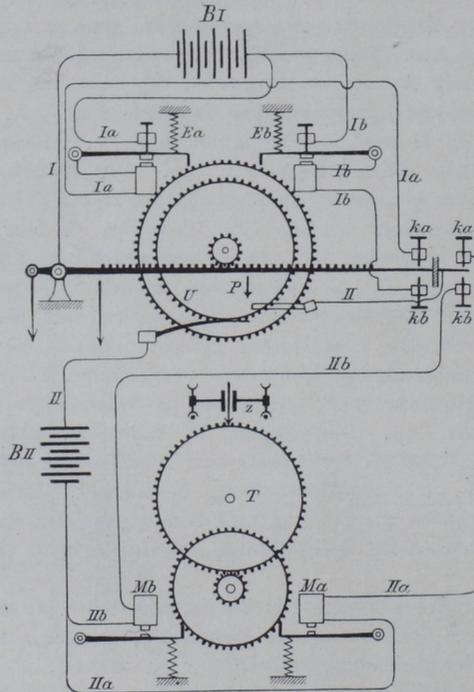


Fig. 505.

Es bedeutet:

BI = Batterie für den
 I, Ia, Ib = Stromkreis mit den
 ka, kb = Kontakten und den
 Ea, Eb = Elektromagnetischen Maschinen zur Rückwärts- und Vorwärtsbewegung des
 P = Belastungsgewichtes.
 BII = Batterie für den

II, IIa, IIb = Stromkreis mit den
 ka, kb = Kontakten und den
 Ma, Mb = Schaltmagneten zur Rückwärts- und Vorwärtsbewegung der
 Z = Zeichentrommel mit dem vom Probestab aus bewegten
 z = Zeichenstift.

wird, während der Zeichenstift die Bewegungen des Laufgewichtes in verkleinertem Maassstabe aufzeichnet. Es wird also nicht rein die Dehnung des prismatischen Stabtheiles verzeichnet.

715. Der Selbstzeichner von Grafenstaden, Taf. 8, Fig. 3, 10 29 und 30, zeichnet das Bild, indem die Papiertrommel vom Laufgewicht aus bewegt wird, während die Dehnung von der Schraubenspindel aus deren Bewegung vom Zeichenstift aufzeichnet wird. Die Dehnungsauf-

zeichnung ist hier noch mehr als beim vorausgehenden Apparat durch die Maschinenteile beeinflusst.

716. Den von mir für die Pohlmeier-Maschine konstruirten Selbstzeichner, Taf. 9, Fig. 19—27, beschrieb ich bereits früher (534). Hier möchte ich einen, soviel ich weiss, neuen Gedanken in Anregung bringen.

Ich habe früher (532) schon darauf aufmerksam gemacht, dass die Pohlmeier-Maschine leicht so eingerichtet werden kann, dass man den Bock 23 an einer nach dem Probenquerschnitt f getheilten Skala verschieben und von dem Kraftanzeiger unmittelbar die Spannungen σ ablesen kann. Wenn man dann noch die Dehnungsaufzeichnung so bemisst, dass die Trommeldrehungen der Dehnung ε in rundem Maass entspricht, so hat man die früher (40) bezeichneten Vortheile der Arbeitsaufzeichnung nach σ und ε .

Sollen die Formänderungen hierbei für den Abschnitt der elastischen Formänderungen mit gleicher Genauigkeit verzeichnet werden, wie bei der Spiegelablesung, so kann dies mit Benutzung meines in Abs. 705 gegebenen Spiegelapparates mit Hohlspiegel leicht auf photographischem Wege geschehen. Man braucht nur die photographische Platte senkrecht zur Bewegungsebene des vom Spiegel reflektirten Lichtstrahls einer Projektionslampe zu verschieben und diese Verschiebung von den Bewegungen der Zeigerstange 40 abhängig zu machen; dies ist auf verschiedene Weise leicht zu bewirken.

Die photographische Platte kann heutzutage schon zu sehr feinen Messungen benutzt werden, so dass man kaum nöthig hat, den Ausschlagwinkel des Spiegels, d. h. den Maassstab für die Dehnungen ε , gross zu machen. Aber selbst dem würde bei der Pohlmeier-Maschine nichts im Wege stehen, wenn man den photographischen Apparat so einrichtet, dass die Kassette von der Stange 40 getragen wird. Ihre Erhebung gegenüber einem feststehenden leuchtenden Punkt giebt dann das Maass für die Spannung σ [oder Kraft P]. Wenn nun der Spiegelstrahl zur Verzeichnung von ε ebenfalls in senkrechter Richtung sich in gleichem Sinne bewegt, wie die Kassette, so wird offenbar nur die Differenz zwischen beiden Bewegungen verzeichnet. Wird alsdann die photographische Platte, was auf verschiedene Art leicht ausführbar ist, entweder proportional der Spannungs-[Kraft]-steigerung oder proportional der Zeit in wagerechter Richtung und senkrecht zur Ebene des Lichtstrahls bewegt, so wird bei Probekörpern mit unveränderlichem α bis zur Proportionalitätsgrenze eine gerade Linie beschrieben, deren Neigungswinkel gegen die Wagerechte abhängig ist von dem Verhältniss ε/σ und die im besonderen Falle eine Wagerechte wird, wenn die Werthe von ε und σ im Schaubilde dem Maasse nach gleich sind.

Für wissenschaftliche Forschungen, besonders über das Verhalten des Eisens an der Streckgrenze, kann dieser Gedanke voraussichtlich einige Bedeutung haben, weil man neben Empfindlichkeit der Aufzeichnung auch grosse Genauigkeit erreichen kann. Ich glaube, dass die Beschreibung dieses Weges das Studium des Verhaltens der Körper mit veränderlichem α und mit beträchtlichen Nachwirkungserscheinungen wie Beton, Leder, Magnesium u. a. sehr erleichtern wird. [Die Zukunft wird sehr wahrscheinlich zeigen, dass die Eigenschaften dieser Körper die Regel bilden und dass Körper mit unveränderlichem α sich gewissermassen in einem Ausnahmezustande befinden.]

717. Ich habe von dem Grundsatz der Differenzenaufzeichnung übrigens bei mehreren der von mir für die Charlottenburger Versuchsanstalt konstruirten Selbstzeichner Gebrauch gemacht, z. B. bei den verschiedenen Formen von Schmierölprobirmaschinen.

Bei der in Fig. 506 im Schema angegebenen Form (*L 230*) wird der auf Rollen 5 laufende Schieber 4, von dem durch den Probirzapfen 1 zum Ausschlag gebrachten Pendel 2 durch eine kleine Rolle mitgenommen. Der ganze Ausschlag des Pendels kann an einer am Schieber angebrachten Skala abgelesen werden, deren Bezifferung nach den Konstanten der Maschine so vollzogen ist, dass sie, multiplicirt mit dem Abstand der Pendellinse von der Achsenmitte 1, unmittelbar die Reibungszahl angiebt. In der Regel schwankt bei der Prüfung eines bestimmten Oeles diese Zahl nur innerhalb enger Grenzen, es genügt daher ein verhältnissmässig schmaler Papierstreifen zur Verzeichnung des Schaubildes. Um dies zu ermöglichen, ist der Zeichenstift 6 am Schieber 4 verstellbar angebracht. Die Papiertrommel 7 wird mittelst Schneckenradübertragung 8, 9, 10 von 1 aus angetrieben.

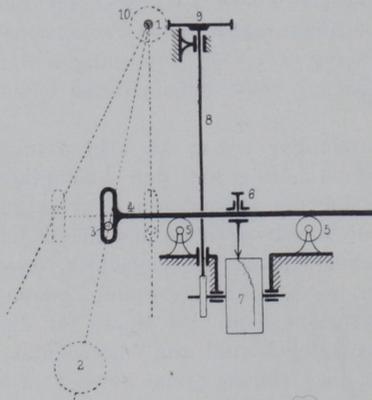


Fig. 506.

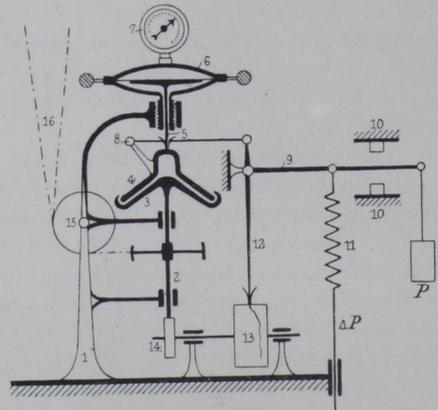


Fig. 507.

Die zweite in Fig. 507 schematisch dargestellte Oelprobirmaschine hat den Zweck, zwischen den kegelförmigen Reibungsflächen 3 und 4 sowohl die Ausdauerfähigkeit einer bestimmten Oelmenge unter verschiedenen Drucken zu messen, als auch die Umwandlungsprodukte, die offenbar während der Arbeit aus dem Oel erzeugt werden müssen, ihrem Wesen nach zu untersuchen.

Der Kegel 3 wird durch den Riemen 16 angetrieben. Die Schmierung geschieht einmal oder fortlaufend durch Röhren, die in den oberen Hohlraum des Trichters 4 münden und nachher zum Absaugen von gasförmigen Produkten benutzt werden. Der Trichter 4 wird durch einen Napolischen Druckerzeuger, wie er in Abs. 556 beschrieben ist, angepresst, und die erzeugte Reibung wird durch die Wage 9 am Hebel 8 gemessen, der in wagerechter Ebene an 4 befestigt ist. Der Reibungswiderstand wird in der Hauptsache durch das Gewicht P ausgeglichen und seine Schwankungen durch die Spannungsänderungen ΔP in der Feder 11. Die Wage 9 kann nur zwischen den Anschlägen 10 spielen, so dass der Schreibstift 12 auf einer schmalen Rolle zeichnet.

718. Die Selbstzeichner von Hartig-Reusch (542) und Leuner (544, 545, 548, 549) sind früher schon beschrieben und auf Taf. 11 dargestellt. Auch die ebenfalls früher schon besprochenen Apparate von Kennedy (547) und Martens (546) mit Benutzung von Stangenfedern kann man mit den Leunerschen Einrichtungen zusammen nennen.

719. Der Selbstzeichner von Amsler-Laffon ist auf Taf. 14, Fig. 8 und in Fig. 508 schematisch dargestellt. Sein Aufbau ist recht verwickelt, aber an Hand des Schemas wird man aus der Abbildung auf Taf. 14 wohl zurecht finden.

Die Kraftaufzeichnung erfolgt vom Schwimmer des Quecksilbermanometers (561) aus, dessen Schnur 19 um das Rad 18 geschlungen ist. Die Schnurbewegung wird auf den auf Rollen laufenden Schieber übertragen, und der damit verbundene Zeichenstift 17 schreibt die Schaulinie auf die der Formänderung des Probekörpers folgende Trommel 15. Eigenartig ist die Uebertragung der Formänderung auf die Trommel.

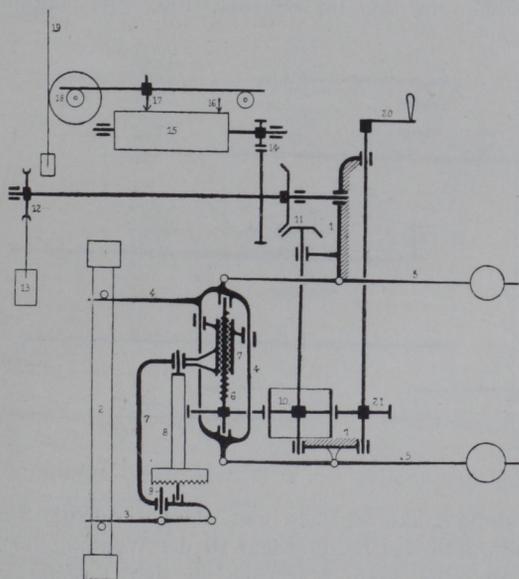


Fig. 508.

Am Probestab 2 sind in den Endmarken von l_0 zwei Anschläge angebracht, gegen die sich von innen aus die Taster 3 und 4 lagern. Der Taster 4 wird durch das Gegengewicht am Hebel 5 zum sanften Anliegen gebracht. Während der Taster 3 durch ein selbstthätiges Nachstellwerk in steter Berührung mit der anderen Endmarke erhalten wird. Das Nachstellwerk kann sehr verschiedener Art sein, wie ich es in meinem Aufsätze (*L 1*, 1884, S. 102) andeutete. Amsler-Laffon benutzt eine in dem Rahmen 4 gelagerte Mikrometerschraube 6, die von dem Gewicht 13 aus durch 12, 11 und 10 angetrieben wird, das zugleich auch durch 14 die Trommel 15 dreht. Diese Bewegungen werden aber durch den Hebel 3 gehemmt. Die Hemmung kommt zu Stande, indem Schraube 6 die Mutter 7 so lange senkt, bis Rahmen 7, in dem das Kronrad mit Trieb 8

gelagert ist, so weit sinkt, dass Hebel 3 den Stift 9 zum Eingreifen in das Kronrad bringt, dann steht der Apparat still, bis eine Verlängerung des Stabes die Auslösung des Kronrades veranlasst. Der Apparat muss also genau den Formänderungen folgen, die in 10facher Vergrößerung auf das Papier übertragen werden.

Der Selbstzeichner wird auf einem Konsol an einer der Säulen der Maschine gelagert, er kann damit nach der Höhenlage eingestellt und durch Umlegen des Konsols in Verbindung mit dem Probestab gebracht werden. Ueber die Leistungen des Apparates kann ich nichts aussagen, da ich nicht mit ihm arbeitete. Ob die zehnfache Dehnungsvergrößerung immer bequem ist, ist wohl zweifelhaft. Zur Feststellung der P -Grenze ist sie jedenfalls nicht ausreichend, dagegen kann sie beim Studium der Fließvorgänge recht nützlich werden. Das Getriebe 20, 21 dient zum Aufziehen und zur Zurückstellung der Schraube 6 nach dem Versuch.

720. Olsen hat die Aufgabe der mechanischen Nachstellung an seinem Selbstzeichner in der im Schema, Fig. 509, angedeuteten Weise

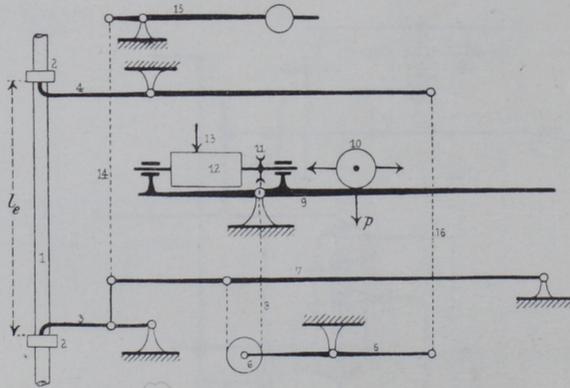


Fig. 509.

gelöst. Der Grundgedanke ist auch hier, dass durch die Stabdehnung die Trommel 12, und durch das Laufgewicht 10 der Wage 9, der Zeichenstift 13 bewegt wird. Auf den Stab 1 werden in den Endmarken von l_e mit federnden Spitzschrauben die beiden Ringe 2 mit Hilfe einer besonderen verwickelten und mit vielem Aufwand von Scharfsinn konstruirten Vorrichtung genau befestigt. Ich übergehe die Beschreibung dieser auf Taf. 20, Fig. 13 dargestellten Vorrichtung als unwesentlich, weil ein kleiner Fehler in der Bestimmung von l_e gegenüber den Fehlern des Apparates verschwinden dürfte.

Auf die Flächen der Ringe 2 lagern sich die um die Enden der Tasterhebel 3 und 4 beweglichen Finger [im Schema nicht angedeutet, aber aus Taf. 20, Fig. 12, besonders aber auch aus Fig. 499 (707) erkennbar]. Der Hebel 4 überträgt alle Bewegungen des oberen Ringes 2 durch das Metallband 16 auf den Hebel 5 und dessen Rolle 6, die Rolle überträgt sie durch die am Hebel 7 befestigte Schnur 8, die in der senkrechten Ebene der Hauptschneide des Wagehebels 9 auf das Röllchen 11 der Trommel 12 wirkt, ohne ein Moment auf die Wage auszuüben. Der

untere Taster 3 überträgt die Bewegung des unteren Ringes 2 durch das vom Gegengewicht am Hebel 15 gespannte Band 14 auf den Hebel 7. Da die sämtlichen Hebellängen entsprechend bemessen sind, so gleicht die Bewegung des Hebels 7 die Gesamtbewegung des ganzen Werkes derart aus, dass gerade nur die gegenseitige Bewegung der beiden Ringe 2, d. h. die Verlängerung von l_e übertragen wird. Der Apparat ist unzweifelhaft sinnreich konstruiert, aber man wird die früheren Auslassungen über die Fehlerquellen der Schreibapparate berücksichtigen müssen, wenn man von dem Apparat mehr als die einfache Verzeichnung von Schaubildern verlangt. Auf Taf. 20 ist der Apparat an mehreren Maschinen gezeigt.

721. Einen anderen Apparat hatte Olsen auf der Chicagoer Ausstellung 1894. Um die Verlängerungen von l_e während der elastischen Periode aufzuzeichnen, benutzte er einen Marshallschen Mikrometerapparat (687) in eigenthümlicher Weise, wie es Fig. 510 im Schema zeigt.

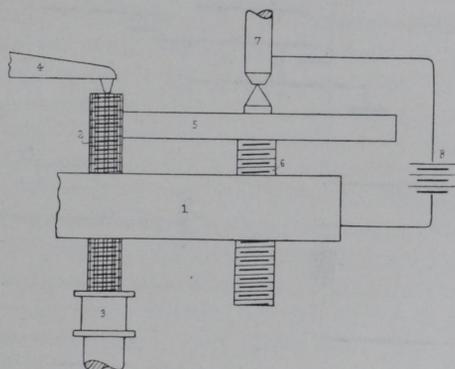


Fig. 510.

Die Mikrometerschraube 6 kontrollirt durch den Stromschluss zwischen 6 und 7 die elektrische Bremse zu einem Schnurtrieb, der das Getriebe 3 der Schraube 2 bewegt. Die Spindel 2 ist gleichzeitig mit Gewinde und Triebverzahnung versehen; sie treibt also die verzahnte Scheibe 5 der Mikrometerschraube so lange, bis Stromschluss erzielt ist. Schraube 2 muss daher der Stabdehnung folgen und ihre Erhebung wird nun auf den Tasterfinger des unter 720 beschriebenen Selbstzeichners übertragen. Wenn man die dem Marshallschen Apparat anhaftenden Fehler vermindert (687) und die Doppelaufgabe von Spindel 2 vermeidet, indem man Trieb und Schraube getrennt von einander ausführt, so kann man wahrscheinlich recht gute Schaubilder bekommen.

722. Verfolgt man den von mir früher (719; L 1, 1884, S. 102) ausgesprochenen Gedanken in Anlehnung an ein Mikrometerwerk, vielleicht an das von mir unter 688 Fig. 470 angegebene, so dürften sich ziemlich vollkommene Bilder erreichen lassen, wenn man die Mikrometerschrauben mittelst zweier elektrisch kontrollirter Triebwerke, etwa mit Hülfe einfacher oder mehrfacher Schneckenradübersetzung so antreibt, dass stets Stromschluss erstrebt und das Triebwerk in dem Augenblick des Schlusses gebremst wird. Beide Triebwerke sind mit einander, vielleicht durch Planetenräder, derartig verkuppelt, dass sie den Zeichenstift oder das Papierblatt, ent-

sprechend der Summe ihrer Drehungen bewegen. Bei dieser Einrichtung kann man beliebige Vergrößerungen erhalten, allerdings unter Inkaufnahme aller Fehler der Schrauben und der Glieder des Apparates. Dabei ist es freilich erforderlich, die zum Oeffnen und Schliessen des Stromes nöthige Bewegung auf ein so kleines Maass zu bringen, dass nicht mehr als 0,001 mm Spiel erforderlich ist. Man wird also mit sehr schwachen Strömen, mit Relais und mikrophonischen Kontakten u. s. w. den Versuch machen müssen. Ob der Versuch lohnend sein wird, ist immerhin zweifelhaft; ich glaube, die photographische Methode ist aussichtsreicher (705. 716).

723. Auch die Firma Riehlé Bros. liefert einen Selbstzeichner für die Aufschreibung in der elastischen Periode. Bei diesem Grayschen Selbstzeichner [Taf. 19, Fig. 18] liegt der im Schema, Fig. 511, gegebene

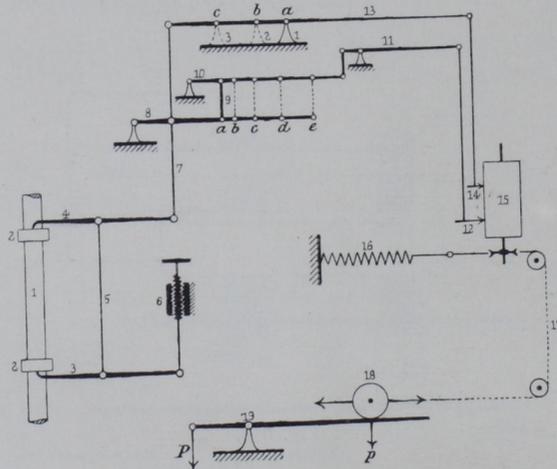


Fig. 511.

Gedanke zu Grunde. Bei ihm ist die Uebertragung durch Schnur und Rolle auf die Trommeldehnung durch das Laufgewicht der Wage eingeschränkt, sonst geschehen alle Uebertragungen durch Hebel, Stützen oder Zugstangen. Die Dehnungen des Stabes werden durch das Hebelwerk auf die Zeichenstifte, wie folgt, übertragen. Auf die Klemmringe 2 legen sich die Taster 3 und 4, die durch eine Stange 5 mit einander verbunden sind. Der untere Tasterhebel 3 ist in der Schraube 6 am Maschinengestell aufgehängt, der obere 4 stützt sich an dem oberen Ring 2 und hängt an der Zugstange 7. Dadurch wird 3 veranlasst, sich gegen den unteren Ring 2 anzulegen, weil das Hebelwerk etwas Uebergewicht in diesem Sinne ausübt. Die gleichen Bewegungen der beiden Ringe 2 in der Richtung der Probenachse sind also von der Aufzeichnung ausgeschlossen; nur die Stabdehnungen zwischen den beiden Ringen werden aufgezeichnet.

Die elastischen Dehnungen werden durch das Hebelwerk 8—11 auf den Zeichenstift 12 im Maassstabe von 100/1 bis 500/1 übertragen, je nachdem das Gehänge 9 zwischen die Hebelpunkte *a*—*e* eingehängt wird. Dabei kann man das Zeichenpapier vorzüglich ausnutzen, denn durch Einstellen der Schraube 6 kann man bei jeder beliebigen Belastung den

Zeichenstift immer wieder in die Nulllinie zurückbringen und nun den weiteren Verlauf der Schaulinie zeichnen.

Der zweite Zeichenstift 14 dient dazu, die vollständige Schaulinie für den ganzen Verlauf des Versuches bei geringerer Vergrößerung durch Vermittlung des Hebels 13 aufzuzeichnen, der durch Verstellen der Stütze in die Punkte *a*, *b* und *c* die Vergrößerungsstufen giebt. Für die Trommel-drehungen sind durch Stufenscheiben 5 Uebersetzungsverhältnisse vor-gesehen.

Man muss sagen, dass die Konstruktion klar und verständig ist, und wenn ich auch nicht Gelegenheit hatte, mit dem Apparat zu arbeiten, so leuchtet mir nach meiner sonstigen Erfahrung doch ein, dass er gut arbeiten wird. Die Theile sind einfach und gute Arbeitsausführung ist deshalb leicht zu erzielen. Die Aufstellung ist sicher und kann kaum zu Fehlern wegen Formänderung der stützenden Theile Anlass geben, zumal auch Schraube 6 leicht in die Fussplatte des Selbstzeichners verlegt und damit ausser Verbindung mit der Maschine gebracht werden kann, ohne der Genauigkeit der Uebertragung Abbruch zu thun.

Mit der Vergrößerung 1/500 dürfte aber wohl das Aeusserste schon überschritten sein, was man bei einem mechanisch zeichnenden Apparat anwenden darf. Die Reibung des Schreibstiftes am Papier vergrössert sich in gleichem Verhältniss, und 0,1 g Reibung macht zwischen Be- und Entlastung einen Druckwechsel von 100 g in den Tasterspitzen aus. Dem-entsprechend ändern sich auch die Durchbiegungen in allen Hebeln, und es fragt sich, wie gross die hierdurch entstehenden Fehler werden. Dass der Konstrukteur diesen Punkt beachtete, erkennt man sofort aus Taf. 19, Fig. 18. Die Reibung kann freilich bei Einstellung in vollkommener Ruhe, einmal von unten, einmal von oben, durch den Unterschied der Schreibstift-angaben ermittelt oder durch fortwährende, vielleicht elektrische Er-schütterung der Papiertrommel überhaupt beseitigt werden, aber die Wirkung der trägen Massen bleibt bestehen.

724. Mit Rücksicht darauf, dass man vielfach, besonders in Amerika und England, versucht hat und noch versucht, die elastischen Dehnungen beim Zerreißversuch durch Selbstzeichner in sehr stark vergrössertem Maassstabe zu verzeichnen und hiernach die Grenzen der vollkommenen Elasticität zu bestimmen, möchte ich nochmals darauf verweisen, dass dies meines Erachtens eine praktisch nicht nothwendige und auf mecha-nischem Wege schwer befriedigend lösbare Aufgabe ist.

Alles, was man durch Selbstaufzeichnung innerhalb der Elasticitäts-grenze erreichen kann, ist die Feststellung der Proportionalitätsgrenze. Diese ist aber, wenn sie zuverlässig sein soll, schwierig und nur mit so feinen Instrumenten möglich, wie es unsere Spiegelapparate sind. Bei diesen kann man die Ablesungen mit Leichtigkeit bis auf 1/300 000 cm und weiter treiben und wird dann immer noch finden, dass der elastische Körper einen ganz allmählichen Uebergang von der geraden in die gekrümmte Schaulinie zeigt. Zur Zeit hat es aber keinen praktischen Werth, sich in diese Gebiete zu begeben; solche Grössen auf mechanischem Wege zu ver-zeichnen, dürfte ausgeschlossen sein; man wird besser zu optischen Mitteln greifen, wenn es nöthig wird, sie von der Maschine aufzeichnen zu lassen.

Für den mechanisch schreibenden Selbstzeichner sollte man das prak-tische Arbeitsfeld zu gewinnen suchen. Was aber praktisch von Werth ist,

ist besonders derjenige Theil der Schaulinie, der in der Nähe der *S*-Grenze liegt und bis zum Bruch auf sie folgt. Den Uebergang aus der *P*-Grenze in den gebogenen Theil der Linie wird man aus der Aufzeichnung [wahrscheinlich selbst aus der optischen] wohl immer nur mit grosser Unbestimmtheit ableiten können, und man sollte sich m. E. daher für die mechanische Aufzeichnung mit Vergrösserungen begnügen, bei denen die Verhältnisse an der Streckgrenze möglichst klar hervortreten. Für diesen Punkt lohnt es aber nur dann, einen sehr feinen Apparat zu benutzen, wenn man über eine für solche Versuche hinreichend zuverlässige Maschine verfügt, die nicht durch Massenwirkungen das Ergebniss der Kraftmessung trübt. Die starke Vergrösserung der Schaulinie an dieser Stelle hat nur da Werth, wo man wissenschaftliche Untersuchungen mit aller Schärfe machen will. Wo aber das Schaubild lediglich Lehrzwecken dienen soll oder gar praktischen Bedürfnissen, da sollte man immer bestrebt sein, **es mit den aller einfachsten Mitteln zu erlangen**, und sollte sich im Nothfall selbst damit begnügen, es nur als Bild zu erhalten.

725. Das, was man praktisch braucht, scheint mir in dem Grundgedanken des folgenden Selbstzeichners von Henning-New York enthalten zu sein. Der Apparat hat den grossen Vorzug, dass man ihn wie einen Indikator mit sich führen und an allen Maschinen verwenden kann, bei denen irgend eine Bewegung vorhanden ist, die proportional der Spannung im Probestabe verläuft. Von dem so bewegten Theil aus [Laufgewicht, Pendel u. s. w.] wird mittelst Schnurzug die Trommel gedreht, während die Formänderung der Probe von dem am Probestabe selbst befestigten Apparat anfangs mit fünf- bis zehnfacher Vergrösserung auf den Zeichenstift übertragen wird; nach Ueberschreitung der Streckgrenze rückt sich der Apparat selbstthätig auf die Verzeichnung der Schaulinie ohne Vergrösserung für die Dehnungsaufzeichnung ein. Der Apparat kann sehr leicht angesetzt werden und bis zum Bruch am Stabe verbleiben.

Der Aufbau geht aus der nebenstehender Abbildung, Fig. 512, hervor.

In den Endmarken der Messlänge werden mit einstellbaren federnden Schneiden die beiden Bügel 2 und 3 eingesetzt, die mit einander durch die Stangen 4 verbunden sind. Die in 3 eingeschraubten dünnen Stangen 4 sind von Länge so bemessen, dass sie, in die mit der unteren Klemme 2 verschraubten Hülsen 4 bis zum Aufstossen auf den Grund der Bohrung eingeführt, gerade den genauen Abstand l_e der Schneidschrauben festlegen, sodass besondere Marken am Probestab in der That nicht angebracht zu werden brauchen. In den unteren Klemmbügel sind auch noch die beiden Stifte 5 verschraubt, die als Führungen für den eigentlichen Schreibapparat 6—8 dienen. Dieser ist auf den Rahmen 6 aufgebaut, der mit federnden Hülsen auf den Stangen 5 so gleitet, dass er in jeder beliebigen Höhenlage mit einiger Reibung stehen bleibt. Der Rahmen 6 trägt ein Hebelwerk, wie es bei Indikatoren üblich ist und eine angenäherte Geradföhrung, mit dem Haupthebel 7 und dem Schreibstift 8. Hebel 7 ist durch eine Stange 9 mit dem oberen Klemmbügel 3 verbunden. Die gegenseitigen Bewegungen von 2 und 3, d. h. die Verlängerungen der Probe zwischen den Marken, werden demnach auf den Hebel 7 übertragen, da Rahmen 6 wegen der grösseren Reibung an 5 seinen Ort gegen Bügel 2 nicht ändert. Die Drehungen des Stabes werden also nach Maassgabe der Uebersetzung im Hebelwerk auf Trommel 10 verzeichnet. Dass die Uebersetzung

mit dem Ausschlage veränderlich sein muss, erkennt man leicht aus der Theorie der angewendeten Geradführung; indessen wird der Fehler praktisch zu vernachlässigen sein, wenn man keine übertriebenen Anforderungen an den Apparat stellt. Der Antrieb der Trommel erfolgt mit Hilfe einer leichten Stufenscheibe 11, die die Trommel durch Reibung am Rande dreht. Diese Stufenscheibe lässt sich mittelst des Stellarmes 12 in solche

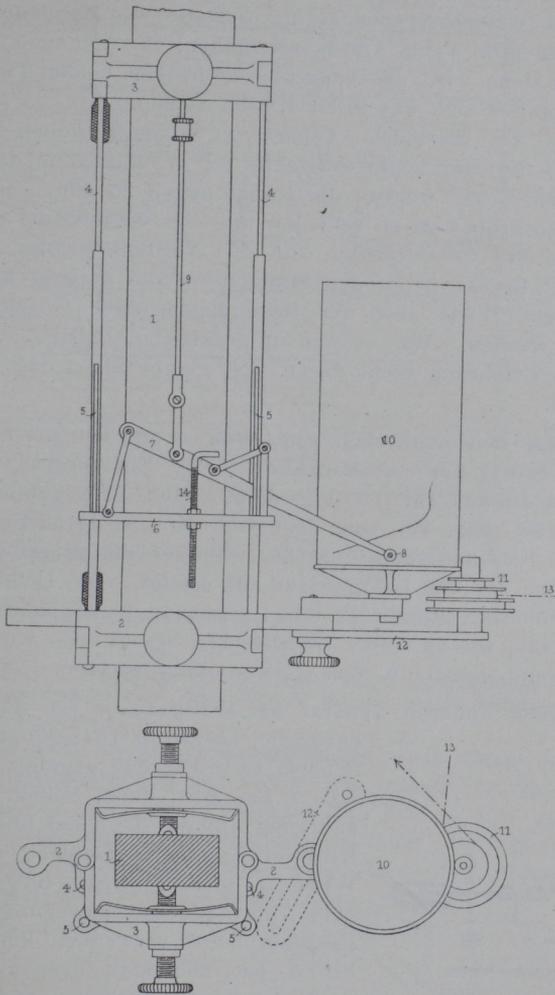


Fig. 512.

Länge bringen, dass man es fast immer so einrichten kann, dass der Schnurzug 13 die Scheibe 11 gegen den Rand der Scheibe anpresst. Der auf beliebige Höhe einstellbare Haken 14 hat den Zweck, den Hebel 7 zu fangen, wenn er einen bestimmten Weg zurückgelegt hat. Man stellt ihn so ein, dass der Schreibstift die Dehnung bis etwas über die Streckgrenze hinaus aufzeichnen kann. Sobald nun die Stabdehnung über diesen Punkt hinaus wächst, wird die Nase an 14 den Hebel 7 fangen, und von nun an

wird die Dehnung ohne irgend welche Uebersetzung im Maassstabe 1/1 aufgezeichnet, weil jetzt der Zug in Stange 9 die Reibung der Hülsen auf den Stangen 5 überwindet und den Schreibapparat mitnimmt. Dieser Gedanke ist sehr hübsch.

Beim Bruch der Probe können die sehr leichten Theile keinen Schaden erleiden; es findet höchstens ein geringes Rutschen in den Klemmen statt, wodurch deutliche Marken am Probestab erzeugt werden, die die Kontrolle durch Ausmessen wesentlich erleichtern. Gestattet die Maschine den beiden Bruchstücken ein sehr weites Auseinandergehen, so kann auch kein Schaden entstehen, denn dann wird der Apparat sich in seine beiden Theile trennen, indem die Stangen 4 sich aus ihren Hülsen ziehen.

Man kann den zierlichen Apparat in einem Kästchen bequem mit sich führen und ihn sehr leicht ansetzen, da er einfach in den Theilen 4 zusammenzustecken ist, worauf die Klemmbügel zu öffnen sind, um den Apparat über den Probestab zu schieben und ihn dann wieder zu schliessen. Die Einstellung des Schreibstiftes auf die Nulllinie erfolgt leicht durch Verschieben der Brücke 6 auf den Stangen 5. Der Apparat kann für Zug- und Druckproben, sowie auch für Spannungswechsel zwischen Zug und Druck benutzt werden. Wie er sich im praktischen Betriebe verhält, kann ich aus eigener Erfahrung nicht sagen; ich glaube aber, dass er leistungsfähig sein wird.

726. Von den englischen Apparaten nenne ich die Selbstzeichner von Unwin (*L 240*, S. 236) und Kennedy (*547*). Ein Apparat für die Wicksteed-Maschine ist auf Taf. 16, Fig. 3, 5, 8 und 10 abgebildet. Bei ihm wird Trommel 36 (Fig. 10) vom Probestab 40 aus durch Schnurzug entsprechend der Formänderung gedreht, während die Schreibstiftbewegung von dem Antrieb für das Laufgewicht aus erfolgt. Die Ueberführung der Schnur vom Probestab auf die Trommel geschieht in ähnlicher Weise durch Gelenkstangen 37, wie es früher in Abs. 534 beschrieben wurde, nur sind die Hebelendpunkte nicht in den Rollenumfang verlegt.

727. Einen anderen Apparat hat Wicksteed für seine Maschinen entworfen (*L 240*, S. 134; *236*, S. 27); dessen Schema ist in Fig. 513 gegeben. Vom Probestab 1 aus wird durch Schnur 3 die Formänderung auf die Trommel übertragen. Die Kraftaufzeichnung geschieht merkwürdiger Weise auf dem Umwege, obwohl man dazu ohne Umstände die Bewegungen des Laufgewichts hätte verwenden können. Wicksteed hat hier statt dessen die Pressung im hydraulischen Cylinder auf einen Hülfscylinder 7 übertragen, dessen Stempel die Feder 6 zusammendrückt und deren Zusammendrückung als Maass für die Kraft auf den Zeichenstift übertragen wird. Um

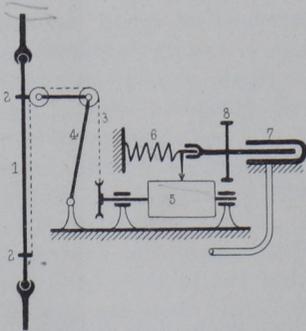


Fig. 513.

nun den Reibungswiderstand in der Presse 7 auszuschalten, wird der Stempel durch den Trieb 8 in Drehung versetzt.

728. Unwin hat noch einen Schaulinienzeichner konstruirt, der kein eigentlicher Selbstzeichner mehr ist. Bei ihm wird die Trommel propor-

tional den Bewegungen des Laufgewichtes gedreht. Der Schreibstift wird durch ein elektrisch von der Hand des Beobachters beeinflusstes Schaltwerk bewegt, sodass der Beobachter ihm jeden Augenblick eine sprungweise Vor- oder Rückwärtsbewegung um eine bestimmte kleine Strecke ertheilen kann.

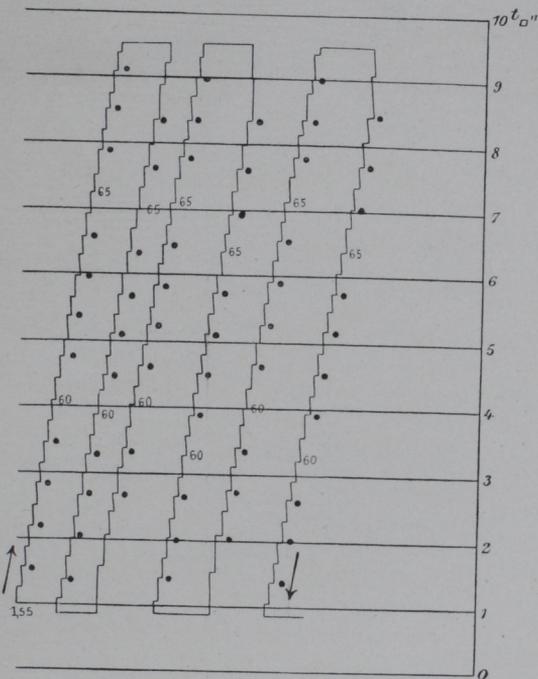


Fig. 514.

Schaubild in $\frac{1}{3}$ der n. Gr., jede Stufe entspricht $\frac{1}{5000}$ " Verlängerung, 150 Zeichen in weniger als einer halben Stunde bei Be- und Entlastung.

Der Beobachter steht an dem Dehnungsmesser, z. B. einem Spiegelapparat, und giebt ein Signal, sobald der Faden auf irgend eine runde Ablesung, z. B. von $\frac{1}{10000}$ zu $\frac{1}{10000}$ cm, einspielt. Man hat es also gewissermassen mit einer Aufschreibung der Ablesungen zu thun. Bei dieser Methode ist man frei von den Fehlern des Zwischenapparates. Fig. 514 giebt ein Bild von einer solchen Aufzeichnung nach (L 240, S. 239).

